

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: X2011230677

UDC _____

厦门大学

工 程 硕 士 学 位 论 文

基于 GPS 技术的管道巡线管理系统设计与实现

Design and Implementation of Pipeline Inspection Management
System Based on GPS Technology

刘文华

指 导 教 师: 曾 文 华 教 授

专 业 名 称: 软 件 工 程

论文提交日期: 2013 年 10 月

论文答辩日期: 2013 年 11 月

学位授予日期: 2013 年 12 月

指 导 教 师: _____

答辩委员会主席: _____

2013 年 10 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ √ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

长输管道及其附属设备置于野外，长期暴露在大自然中。容易遭到自然或人为因素的破坏。管道穿越河流的地方容易遭到腐蚀、穿越道路、铁路的地方容易遭到人为的破坏，从而影响输气生产的正常运营。因而需要巡检人员定周期巡检，管线巡检工作在天然气运输的生产运营和管线维护中具有十分重要的作用。

本文针对长输管道分布范围广，巡线工作量大，野外工作极其辛苦，加之管道在大部分情况下又处于良好状态，巡线人员容易麻痹大意，不能够严格按照规定巡检，容易出现漏检的情况，提出利用当前比较流行的 GPS、GIS、3G 技术，设计并实现了智能管道巡线系统，其主要研究内容如下：

本文基于 GPS、GIS、3G 技术，使用 Oracle 数据库设计并实现了一套管道巡线系统，主要包括电子地图、实时监控、历史轨迹回放、巡线计划管理、事件管理、工作考评等功能模块。

本文详细介绍了基于 GPS 技术的管道巡线管理系统的功能需求、非功能需求、架构设计、功能设计、数据库设计和安全设计。利用截图的方式对系统实现的主要功能进行展示说明。最后给出了系统的功能测试、集成测试、用户界面测试、安全性测试的结果，证明系统满足技术标准及用户的要求。

经过本系统的研发测试，最终得到的系统人机交互友好、功能完备，企业巡线管理水平显著提升，解决了原来无法实时监控巡线人员、事件上报不及时等问题。

关键词：GPS；GIS；管道巡线

Abstract

Pipeline and ancillary equipment placed in the wild, long-term exposure in nature . Vulnerable to the destruction of natural or man-made factors . Pipeline river crossing place vulnerable to corrosion , crossing roads, railways places vulnerable vandalism , thus affecting the normal operation of gas production . Which requires periodic inspection personnel scheduled inspection, pipeline inspection work in the production of natural gas transport pipeline maintenance operations and has a very important role.

In this paper, long-distance pipeline wide distribution, transmission line workload, field work extremely hard, coupled with piping in most cases, they are in good condition , easy careless line patrol officers can not be strictly in accordance with the provisions of inspection , prone to leakage inspection of the situation, put forward the use of current popular GPS, GIS, 3G technology, design and implementation of smart pipe line inspection system, its main contents are as follows :

Based on GPS, GIS, 3G technology , the use of Oracle database design and implementation of a pipe line inspection system, including electronic maps, real-time monitoring , historical track playback, transmission line project management, event management , job evaluation and other functional modules.

This paper describes the pipeline based on GPS technology transmission line system functional requirements, non-functional requirements , architecture design , functional design, database design and safety design . Screenshot way to use the main function of the system on display instructions. Finally, the system functional testing, integration testing, user interface testing , security testing results prove that the system meets the technical standards and user requirements.

After the system development and test, the resulting system is interactive and friendly , full-featured , enterprise management level transmission line significantly improved , real-time monitoring can not solve the original order line patrol officers , events and other issues not timely submitted .

Key words: GPS; GIS; Pipeline Inspection

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 研究现状	1
1.3 主要研究内容	2
1.4 本文结构安排	3
第二章 相关技术背景	4
2.1 GPS 全球卫星定位系统	4
2.2 GIS 地理信息系统	4
2.3 3G 第三代移动通信技术	5
2.4 移动终端	5
2.5 SOA 面向服务架构	5
2.6 本章小结	5
第三章 系统需求分析	6
3.1 系统功能需求	6
3.1.1 巡线计划管理	6
3.1.2 巡线到位监管	6
3.1.3 现场基础信息查询	6
3.1.4 GPS 巡视导航功能	6
3.1.5 日常业务数据采集上报	6
3.1.6 事项即时上报	6
3.2 系统非功能需求	7
3.2.1 系统界面	7
3.2.2 及时性	7
3.2.3 可扩展性	7
3.3 本章小结	7
第四章 系统设计	8
4.1 系统架构设计	8
4.1.1 系统总体架构	8
4.1.2 系统体系结构	9
4.1.3 系统网络架构	9
4.2 系统功能设计	10
4.2.1 普通巡检终端功能	10
4.2.2 高级巡检终端功能	10
4.2.3 监控端功能	17
4.3 系统数据库设计	25

4.3.1	数据库环境说明	25
4.3.2	数据库的命名规则	26
4.3.3	逻辑设计	26
4.3.4	数据库表结构	31
4.4	系统安全设计	38
4.4.1	设备安全	38
4.4.2	物理安全	38
4.4.3	服务器操作系统安全	38
4.4.4	GPS 巡检终端安全	39
4.4.5	网络安全	39
4.5	本章小结	39
第五章	系统实现	40
5.1	系统建设环境	40
5.2	系统实现效果展示	40
5.2.1	系统主页面	40
5.2.2	电子地图	41
5.2.3	实时监控	43
5.2.4	历史轨迹回放	45
5.2.5	巡线计划管理	45
5.2.6	事件管理	46
5.2.7	工作考评	46
5.3	本章小结	47
第六章	管道巡线系统的测试	48
6.1	系统测试环境	48
6.1.1	服务器配置	48
6.1.2	客户端配置	48
6.2	测试原则与目标	49
6.2.1	测试原则	49
6.2.2	测试目标	49
6.3	功能测试	49
6.3.1	地图子系统	50
6.3.2	业务管理子系统	53
6.4	集成测试	56
6.5	用户界面测试	56
6.6	安全性测试	57
6.7	测试评估	57
6.7.1	能力	57
6.7.2	缺陷和限制	57
6.7.3	建议	57
6.8	本章小结	57

第七章 总结与展望.....	59
7.1 本文总结	59
7.2 未来工作展望.....	59
参考文献.....	61
致 谢.....	62

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background and Significance	1
1.2 Research present situation	1
1.3 The main contents	2
1.4 Structural arrangements	3
Chapter 2 Relevant technical background.....	4
2.1 Global Positioning System	4
2.2 Geographic Information System	4
2.3 3rd-generation, 3G	5
2.4 The mobile terminal	5
2.5 SOA Service Oriented Architecture	5
2.6 Chapter Summary	5
Chapter 3 Pipe line inspection system needs analysis	6
3.1 System functional requirements	6
3.1.1 Line inspection plan management	6
3.1.2 Line inspection supervision	6
3.1.3 The site information query	6
3.1.4 GPS patrol navigation function	6
3.1.5 Daily business data acquisition Report	6
3.1.6 Event Report	6
3.2 The system non functional requirements	7
3.2.1 Human-computer interaction	7
3.2.2 Timeliness	7
3.2.3 Extendibility	7
3.3 Chapter Summary	7
Chapter 4 Design of pipe line patrol system	8
4.1 System architecture design	8
4.1.1 The overall system architecture	8
4.1.2 System architecture	9
4.1.3 System network architecture	9
4.2 The system function design	10
4.2.1 The common terminal function	10
4.2.2 Senior patrol terminal function	10
4.2.3 The monitoring end function	17
4.3 The system database design	25

4.3.1	The database environment	25
4.3.2	Naming rules database	26
4.3.3	Logic design	26
4.3.4	Physical design	31
4.4	System safety design	38
4.4.1	Equipment safety	38
4.4.2	Physical security	38
4.4.3	The server operating system security	38
4.4.4	Secure GPS terminal	39
4.4.5	Event management	39
4.5	Chapter Summary	39
Chapter 6	Pipe line patrol system test	48
6.1	The system test environment	48
6.1.1	Server configuration	48
6.1.2	Client configuration	48
6.2	Test principle and target	49
6.2.1	Test principle	49
6.2.2	Test object	49
6.3	Function testing	49
6.3.1	Map system	50
6.3.2	Business management subsystem	53
6.4	Integration testing	56
6.5	User interface testing	56
6.6	Safety test	57
6.7	Test and evaluation	57
6.7.1	Capability	57
6.7.2	The defects and limitations	57
6.7.3	Advise	57
6.8	Chapter Summary	57
Chapter 7	Conclusions And Prospects	59
7.1	Conclusions	59
7.2	Future Task Prospects	59
References	61
Acknowledgements	62

第一章 绪论

1.1 研究背景及意义

石油天然气管道穿越河流的地方容易遭到腐蚀、穿越道路、铁路的地方容易遭到人为的破坏，从而影响输气生产的正常运营。因而需要巡检人员定周期巡检，管线巡检工作在油气运输的生产运营和管线维护中具有十分重要的作用。

由于管线分布范围广，巡线工作量大，野外工作极其辛苦，加之管道在大部分情况下又处于良好状态，巡线人员容易麻痹大意，不能严格按照规定巡检，易出现漏检的情况，无法从根本上消除事故隐患，事故时有发生。另外，管理人员不能及时获取最新巡线数据，造成管线维护滞后。传统的巡线模式效率低、成本高、规范性差、监督力度弱，难以适应现代化管道企业生产和发展的需要。

为此，以管道为对象，运用现代管理理念，采用 GPS 技术、网络技术、地理信息等技术，对天然气管线及其附属设施和其全域范围内的地理环境等信息资源进行一体化的采集、存储、管理与分析，开发配置合理、功能齐全、反应快速、运行高效、操作简单的管道巡线系统，最大程度地实现资源共享和网络共享，为油气管道管理、运行、检测、检修和决策提供有力的支持。

1.2 研究现状

第一代巡线系统：也就是传统的巡线系统，采用人工巡线、手工纸介质记录的方式，受环境因素、人员素质等多方面制约，巡线质量和到位率无法保证。同时，巡线数据得不到妥善的管理与保存，查询极不方便，运行状态和设备缺陷信息不能及时反馈，因此造成缺陷无法及时处理，设备隐患不能及时发现，容易引发设备故障。

第二代巡线系统：是基于 RFID（无线射频识别）技术的巡线系统，作业模式是沿线布置巡线签到点（通常在管道沿线的每个测试桩或里程桩上埋设或粘贴 RFID 信息钮），巡线员手持巡检仪每到一个巡检点即自动读取其中保存的编号信息，连同时间信息一同记录在巡检仪中，完成巡线任务后再将巡检仪中保存的数据上传到管理软件进行分析。它解决了手工纸介质记录的缺点，可以监督巡线人员按照规定的时间、地点、线路巡线，并可以保存巡线数据的电子档案，但是也存在信息反馈不及时、人为因素多、调度部门无法实时监

控巡线人员的缺点。

第三代巡线系统：是基于 GPS（全球卫星定位系统）、GIS（地理信息系统）、3G（第三代移动通信技术）的智能巡线系统，拥有对巡线人员的巡检路线实时监控、查询巡线人员工作状态、自动报警、定位显示故障点等功能。不仅摆脱了第一代系统的管理问题，还弥补了第二代系统的信息滞后、无法可视化的缺点。实现了对目标数字化、可视化、实时化的管理，提高了故障应急处理能力，保障公司油气管道安全、平稳、可靠生产运行。

表 1-1 是第三代与第二代巡线系统的技术对比：

表 1-1 第三代与第二代巡线系统的技术对比

	GPS 巡线系统	RFID 巡线系统
基本原理	接收 GPS 卫星定位和时间信息，精确识别巡线人员是否巡线，通过 3G/GPRS 网络通讯，将巡线数据传到系统数据库。	需要安装信息钮（如接触式或感应式），通过读取信息数据，监督巡线人员是否巡线。
先进性	高度集成的 GPS 应用技术，工作模式可选择（采点、巡线）。	受人为因素影响较大，工作现场出错因素多，系统不稳定。
可靠性	基于 GPS 卫星资源（免费），运行稳定，可靠性高。	信息钮（或感应卡）存在自然和人为破坏的可能性，需派专人时常检查，可靠性差。
经济性	卫星资源是免费的，巡线人员使用手持设备即可，不存在安装费，即买即用，没有维护费用。	需在每个巡视点都安装上信息钮，还有后续大量的工程维护费用。
实用性	自动存储，操作简单，使用方便，不需要额外安装和维护。	安装复杂、应用维护成本高、不便管理。
适用性	无需布线，布点。免维护。非常适用于户外、大区域长线路的巡线工作。	需要布点，不适用于线路长，区域广的巡线工作。

综上所述，基于 GPS 的管道巡线技术与常规技术相比优势明显。

1.3 主要研究内容

本文研究 GPS 管道巡线系统的目的是针对所辖长距离输油气管道的日常巡线工作的实际需要，提供一套行之有效的技术手段和管理方法，确保巡检计划得到切实执行，在全线、

全时范围内确认输油气管道的安全工作状态，及时发现和处理各类安全事件或隐患。同时，动态地收集和管理相应的数据，在电子地图上进行可视化的展示和监控，支持巡线数据在企业应用中的共享和集成，支持相关业绩考核，提高部门协调能力、工作效率和管理水平。

主要研究内容包括以下：

- 1) 数据采集：巡线人员在输入相关属性数据录入到巡检仪内，通过很简单的发送按钮，将录入的属性数据、三维坐标数据传送至远程管理中心数据库。
- 2) 数据传输：要求将现场采集到的管线运行状况数据瞬间传送至远程管理中心的数据库中，从根本上解决数据采集和数据传输滞后问题。
- 3) 数据管理：管理中心利用系统对接收到的数据作相应处理，将结果实时反映在电子地图上，实现生产管理的可视化操作。
- 4) 岗位监督：管理人员可以对线路巡检工作进行规范化的管理和科学化的监督。

1.4 本文结构安排

本文共分七个章节，章节安排如下：

第一章是绪论。阐述了课题开发的背景、意义、管道巡线系统的主要研究内容，并对全文的组织结构安排进行了概括性的说明。

第二章是相关技术背景介绍。介绍了系统建设中主要采用的关键技术，包括：GPS 全球卫星定位系统、GIS 地理信息系统、3G 第三代移动通信技术等。

第三章是系统的需求分析部分。从系统功能需求和系统非功能性需求两个方面对系统进行了分析。

第四章是系统的设计部分。较为详细的介绍了系统架构设计、功能设计、数据库设计和安全设计等内容。

第五章是系统的实现部分。利用系统截图这种直观的方式介绍了系统的主要功能实现。

第六章是系统的测试部分。包括系统的测试环境、测试原则与目标、功能测试、集成测试、用户界面测试、安全性测试，并给出具体的建议。

第七章是总结与展望。对全文进行了总结，并对课题研究中的一些问题作出了思考。

第二章 相关技术介绍

2.1 GPS 全球卫星定位系统

全球卫星定位系统是随现代科学技术发展建立起来的一个高精度、全天候、全球性的无线电导航定位系统。它利用距地球 2 万多公里高度、由 24 颗人造卫星组成的卫星网，向地球不断发射定位信号，地球上任何一个 GPS 接收机，只要接收到三颗以上卫星发出的信号，瞬间就可以计算出被测载体的运动参数，如：经度、纬度、高度、时间、速度、航向等。GPS 技术已广泛地应用于车辆导航、资源勘探、工程测量、市政规划等领域^[1]。

GPS 系统由 GPS 卫星星座（空间部分），地面支持系统（地面控制部分）和 GPS 用户接收机（用户部分）三个部分组成，如图 2-1 所示。

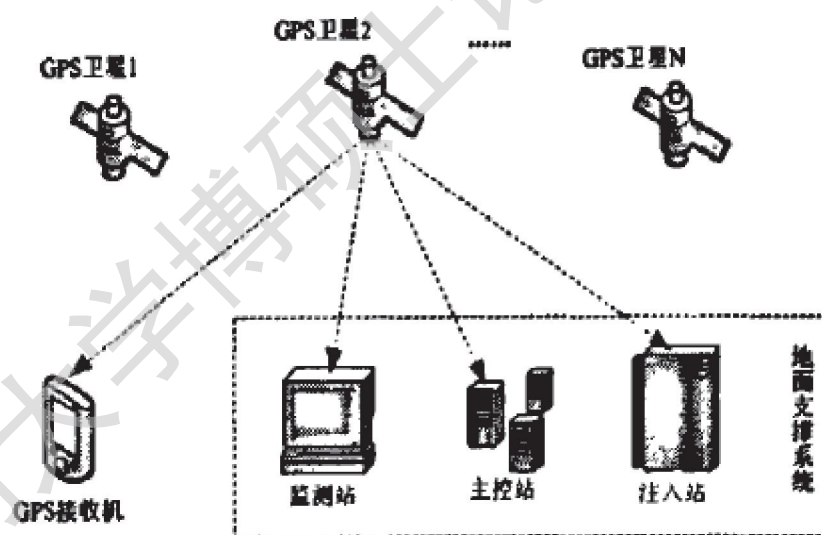


图 2-1 GPS 系统组成

2.2 GIS 地理信息系统

GIS 地理信息系统是以采集、存储、管理、分析、描述、应用整个或部分地球表面有关数据的计算机系统，它由硬件、软件、数据、用户组合而成。系统是为了获取、存储、显示、查询定位数据而建立起来的计算机数据库管理系统，将所需信息和资料在电子地图上以图形或表格的形式展现，为 GPS 定位提供良好的地图环境，将空间信息和属性信息完美

结合，直观形象地显示目标的方位和状态^[2]。

2.3 3G 第三代移动通信技术

3G 是第三代移动通信技术。3G 系统能够为用户提供更好的语音、文本和数据服务。与现有技术相比，3G 技术的主要优点是能极大地增加系统容量、提高通信质量和数据传输速率。3G 技术能够实现在不同网络间无缝漫游，将无线通信系统和 Internet 连接起来，从而为移动终端用户提供更多更高级的服务。目前 3G 存在四种标准：CDMA2000，WCDMA，TD-SCDMA，WiMAX^[3]。

2.4 移动终端

巡检移动终端可分为两类：分别为工程师和巡线员配备不同标准和适用性的终端。

1) 工程师：带有 GPS 和 GPRS 功能的 PDA。可手写录入，一方面能够沿线进行巡检，另一方面能够提供对管道日常业务动态数据的采集，以及其他 PDA 功能，设备的定位精度为 2 米以内。

2) 巡线员：带有 GPS 和 GPRS 功能，操作简单便捷，主要是对负责管道巡线的工作人员进行监督管理，确保他们能准确地按照各级管道保护人员设定的巡检路线、班次、时间、重点部位必要的停留等进行巡检，设备的定位精度为 10 米以内。

2.5 SOA 面向服务架构

本系统基于面向服务架构 SOA 的企业应用系统集成，提供了一个统一的、标准化的、可配置的业务集成平台，可以解决不同类型的异构系统之间难以有效整合的问题^[4]。

2.6 本章小结

本章介绍了系统使用的几种关键技术，包括 GPS 全球定位系统、GIS 地理信息系统、3G 第三代移动通信技术、移动终端、SOA 面向服务架构。

第三章 系统需求分析

3.1 系统功能需求

3.1.1 巡线计划管理

巡线管理人员制定巡线计划，配置巡线必到点信息，系统将根据巡线员的巡线记录与巡线计划进行对比，得出巡线完成情况。

3.1.2 巡线到位监管

巡线管理人员在线监控巡线员的巡线情况。可以查看巡线轨迹，实时监控巡线员，如果发现偏离巡线计划预定的巡线轨迹，可以向巡线终端发送消息，提醒巡线员按预定路线巡线。

巡线到位监管分为两种类型，一个是对智能巡线设备的监管，一个是对普通巡线设备的监管。对于智能终端，可以实现实时查看巡线轨迹，向终端发送提醒消息。对于普通终端只能查看历史巡线轨迹，分析巡线到位情况。

3.1.3 现场基础信息查询

巡线人员可以通过高级巡线终端获取当前位置的基础信息，如位置、管道壁厚、管道埋深等等。

3.1.4 GPS 巡视导航功能

高级巡线终端内嵌了导航系统，实现行车导航功能。

3.1.5 日常业务数据采集上报

通过智能巡线设备的支持，实现日常业务数据的采集上报。

3.1.6 事项即时上报

巡线过程中发现异常事项，可以通过智能巡线终端实现事项上报，记录事项的发生位置（终端自动识别）、时间、类型、描述及现场的照片或录像等内容。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库